



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

TRABAJO FINAL DE CARRERA

**Impacto de las enfermedades foliares en el coeficiente
de fertilidad de la espiga de trigo.**

Alumno: Aliandri, Juan Francisco

Legajo: 27952/7

E-mail: juan.aliandri@gmail.com

Directora: Dra. Ing. Agr. María Rosa Simón. Profesora Titular Ordinaria de Cerealicultura.
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

17 de septiembre de 2020

1. RESUMEN

El mejoramiento ha permitido alcanzar ganancias en el rendimiento de trigo favoreciendo la partición de biomasa hacia las espigas juveniles favoreciendo el número de granos por m^2 . Como la altura de la planta no puede reducirse más sin sufrir pérdidas de biomasa es necesario identificar caracteres alternativos que determinen un incremento en el número de granos y rendimiento. Las enfermedades foliares de trigo pueden impactar en la partición de materia seca hacia la espiga, aunque podrían existir genotipos que mantienen un elevado coeficiente de fertilidad de la espiga (CFE –número de granos m^{-2} /peso seco de espigas. m^{-2} que podrían minimizar la pérdida de rendimiento, siendo un atributo de tolerancia. La relación negativa entre el peso de los granos (PMG) y el coeficiente de fertilidad de la espiga podría limitar los aumentos de rendimiento cuando el número de granos es incrementado a través del CFE.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de las enfermedades foliares en el coeficiente de fertilidad de la espiga y la relación de este último con el peso de mil granos. Para esto se utilizaron 110 genotipos primaverales provistos por el banco de germoplasma alemán IPK que difieren en CFE en un ensayo en parcela dividida en que la parcela principal fueron los tratamientos con y sin fungicida y las subparcelas los genotipos, con dos repeticiones. Se realizaron mediciones de severidad de enfermedades foliares en tres estadios, se calculó el ABCPE, se determinó el peso de 10 espigas por cada genotipo, se pesaron y contaron sus granos, se calculó el CFE, el PMG y su relación. Las variables se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y las medias se compararon mediante LSD. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y la interacción tratamiento \times genotipo para severidad a partir de floración. Solo los genotipos tuvieron diferencias significativas en todas las mediciones. Hubo diferencias estadísticamente significativas solamente entre los genotipos para las mediciones de CFE y PMG, aunque algunos genotipos no disminuyeron el CFE frente a la presencia de las enfermedades foliares. La relación entre estas variables fue ligeramente negativa y no significativa

2. INTRODUCCIÓN

El trigo pan es alimento básico de un 35% de la población mundial, representando aproximadamente el 20% del total de calorías consumidas. Desde la década del 60, su rendimiento se ha incrementado a través del tiempo en correlación con el incremento demográfico mundial (Reynolds & Borlaug, 2006). Sin embargo, la tasa de aumento de la productividad ha ido disminuyendo, existiendo proyecciones lineales que indican un crecimiento de sólo el 0,8 % para 2050 (Fischer *et al.*, 2009). Esto sumado a que se prevé que la demanda mundial de trigo aumente a un ritmo más rápido que las ganancias genéticas anuales que se están obteniendo actualmente (Miralles & Slafer, 2007), pone de manifiesto la necesidad de aumentar la tasa de mejora del rendimiento. Hay pocas oportunidades de expandir la cantidad de tierra usada para la producción de trigo (Albajes *et al.*, 2013), por lo que es necesario incrementar la productividad (Fischer *et al.*, 2014; Reynolds *et al.*, 2012). Grandes aumentos en el uso de agua y nutrientes no son deseables (Connor & Minguez, 2012), de manera que la mayor productividad debe provenir de ganancias genéticas, las cuales han disminuido en este siglo, en comparación con el anterior, y son actualmente insuficientes (Reynolds *et al.*, 2012; Fischer *et al.*, 2014).

Previamente, se han alcanzado ganancias en el rendimiento de trigo favoreciendo la partición de biomasa hacia las espigas juveniles en crecimiento principalmente mediante reducciones en la altura de las plantas (Calderini *et al.*, 1999). El incremento del peso seco de la espiga en antesis resultante de ésto favoreció el número de granos por m² (Siddique *et al.*, 1989; Slafer & Andrade, 1993). Como la altura de la planta no puede reducirse más sin sufrir pérdidas de biomasa (Richards, 1992; Miralles & Slafer, 1995) y la partición de materia seca hacia las espigas se está volviendo más difícil (Foulkes *et al.*, 2011), es necesario identificar caracteres alternativos que determinen un incremento en el número de granos y rendimiento (Slafer *et al.*, 2014).

Las enfermedades que se desarrollan previamente a la floración pueden restringir simultáneamente la fuente (área foliar sana y acumulación de hidratos de carbono solubles en el tallo) y la capacidad de absorción de los granos (número de granos y capacidad de almacenamiento de éstos); por otro lado, las enfermedades tardías, restringen la disponibilidad de asimilados para el llenado de los granos al reducir la

superficie foliar sana y la fotosíntesis post floración (Newton, 2016). Los efectos negativos de las enfermedades tardías en el llenado de los granos pueden ser amortiguados por la removilización de reservas almacenadas temporariamente (Newton, 2016). Las enfermedades foliares de trigo pueden impactar en la partición de materia seca hacia la espiga, aunque podrían existir genotipos que mantienen un elevado coeficiente de fertilidad de la espiga (CFE –número de granos m^{-2} /peso seco de espigas. m^{-2} e índice de fertilidad- peso de granos m^{-2} / peso seco de espigas) en presencia de enfermedades foliares, que podrían minimizar la pérdida de rendimiento. Esta capacidad de minimizar la pérdida de rendimiento en presencia de enfermedades puede constituirse en un potencial atributo de tolerancia a ellas, que significa menores pérdidas de rendimiento frente a similares niveles de enfermedad, aunque no ha sido estudiada aún como tal.

El rendimiento en trigo puede ser considerado como el producto entre el número de granos por unidad de superficie y el peso del grano. El n° de granos por unidad de superficie es el componente principal del rendimiento, crítico para alcanzar ganancias genéticas en rendimiento de trigo (García *et al.*, 2014). El n° de granos. m^{-2} podría considerarse como el producto entre el peso seco del número de espigas. m^{-2} y el n° de granos/ unidad de peso seco de la espiga, que es indicador de la fertilidad de la espiga (CFE) (Martino *et al.*, 2015). El mejoramiento de trigo en los últimos 50 años se basó principalmente en incrementar el n° de granos. m^{-2} , incrementando el peso de la espiga a través de una mayor partición de materia seca hacia las espigas. Diversos autores (Abbate *et al.* 1998, Shearman *et al.* 2005, Acreche *et al.* 2008 y González *et al.* 2011) observaron que la variación del n° de granos m^{-2} entre cultivares frecuentemente engloba variaciones en el CFE. Martino *et al.* 2015 indicaron que el n° de granos. m^{-2} es cuantificado por unidad de superficie y por lo tanto acarrea una dificultad para obtener datos confiables en las primeras generaciones de programas de mejoramiento, que generalmente son llevados a cabo en pequeñas parcelas debido a que hay poca semilla disponible. Alonso *et al.* 2018 también remarcaron esa dificultad en la utilización del n° de granos. m^{-2} como criterio de selección en las primeras generaciones, y agregaron además que es un carácter de baja heredabilidad y alta interacción genotipo x ambiente. Por su parte, el CFE es bastante independiente del tamaño de la muestra, como demuestra la investigación de (Abbate *et al.* 2013) y, por lo tanto, podría determinarse en las primeras generaciones de un programa de mejoramiento (Martino *et al.*, 2015).

Como ya fuera mencionado, el n° de granos por unidad de superficie es el componente principal del rendimiento en trigo. Dicho componente depende del peso seco de la espiga por unidad de superficie en antesis y el coeficiente de fertilidad de la espiga (González *et al.*, 2011). El CFE ha sido propuesto como atributo para mejorar el número de granos y así el rendimiento potencial (Petrini *et al.*, 2016), pero aún no se tienen evidencias reales de su aplicación en forma exitosa (Alonso *et al.*, 2018). Al considerar la utilidad del CFE como estrategia en programas de mejoramiento, hay que tener en cuenta posibles relaciones negativas con otros componentes del rendimiento, incluyendo el peso seco de las espigas en antesis y el peso de los granos. Algunos resultados experimentales han indicado una correlación negativa entre el CFE y el peso seco de las espigas en antesis (Abbate *et al.*, 1998; Dreccer *et al.*, 2009; Ferrante *et al.*, 2012; Zaro & Abbate, 2012), mientras que otros no han mostrado esta correlación (González *et al.*, 2011a; Bustos *et al.*, 2013; García *et al.*, 2014). Podrían presentarse reducciones compensatorias del peso de los granos cuando se incrementa el número de granos debido a incrementos en el CFE basados en una reducción del tamaño de las flores fértiles (Ferrante *et al.*, 2015), lo cual generaría granos más pequeños, ya que el peso final del grano puede estar relacionado al tamaño de los carpelos (Calderini *et al.*, 1999, 2001; Calderini & Reynolds, 2000; Hasan *et al.*, 2011). Alonso *et al.* 2018 analizaron los cambios en el rendimiento en grano luego de aplicar diferentes estrategias de selección en líneas endocriadas recombinantes y encontraron que cuando el criterio de selección aplicado fue solamente el alto rendimiento en grano, las respuestas fueron aleatorias y no mostraron asociación con la intensidad de selección. Por otro lado, cuando los genotipos fueron seleccionados solamente por alto CFE, la respuesta del rendimiento en grano fue positivo en todos los casos y fue mejorado, en promedio, por una mayor intensidad de selección. Finalmente, estos autores encontraron que las mayores respuestas a la selección fueron alcanzadas cuando se aplicó una estrategia de selección en dos pasos, por alto rendimiento en grano y alto CFE. Además, no se observaron respuestas negativas a la selección usando este procedimiento.

Ferrante *et al.* 2012 señalaron que aumentar el número de granos mediante el CFE generaría pocas ventajas para el rendimiento si el peso de los granos se ve muy reducido debido a una competencia entre éste y el coeficiente de fertilidad. La relación negativa entre el peso de los granos y el coeficiente de fertilidad de la espiga podría limitar los aumentos de rendimiento cuando el número de granos es incrementado a través del CFE

(Petrini *et al.*, 2016). Considerando la escasez de trabajos sobre el efecto de agentes bióticos en el coeficiente de fertilidad de espigas, este trabajo determinará en un set de líneas doble haploides de trigo cuyos progenitores difieren en CFE, la influencia de enfermedades foliares en el CFE y la relación entre esta última y el peso de grano.

2. HIPÓTESIS

Las **hipótesis** de este proyecto son:

- Las enfermedades foliares afectan el Coeficiente de Fertilidad de Espiga (CFE)
- Existe variabilidad para CFE en dicha colección bajo ambos tratamientos de enfermedades foliares (con y sin fungicidas)
- El peso de granos tiende a disminuir en aquellos genotipos con mayor CFE

3. OBJETIVOS

Determinar el efecto de las enfermedades foliares del trigo en el coeficiente de fertilidad de la espiga

4. MÉTODOS Y TÉCNICAS A EMPLEAR

4.1. Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron 110 genotipos de trigos primaverales de una población internacional que difieren en CFE y que fue creada para mapeo. Dicha población fue provista por el banco de germoplasma del German Federal *ex situ* Genebank sito en Gatersbelen, Germany. Se incluyeron dos variedades locales como testigos susceptibles.

4.2. Diseño del experimento

Se utilizó un diseño de parcela dividida con dos repeticiones. Cada parcela estuvo limitada por una bordura de avena para disminuir la transferencia de inóculo entre las mismas. A las subparcelas con fungicida se les aplicó trifloxistrobin + tebuconazole ($600 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) para asegurar un testigo con muy baja infección en cuatro estadios: 2-3 hojas,

estadio de crecimiento, EC 31, EC 39 y E60 (Zadoks *et al.*, 1974). Se realizó una fertilización fosforada a la siembra con 50 kg de P como fosfato triple de Calcio y una fertilización N dividida con 50 kg de N a la siembra y 50 kg en macollaje (EC12) Zadoks *et al.*, 1974)

Se realizaron evaluaciones de severidad (% de hoja cubierta por las enfermedades) de las enfermedades presentes más importantes en inicio de encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80) en 7-10 hojas de cada parcela. Se calculó el área bajo la curva de progreso de las enfermedades, ABCPE (Shanner & Finney, 1977), determinándose las enfermedades predominantes por técnicas fitopatológicas de rutina. Las evaluaciones se iniciaron cuando los genotipos susceptibles presentaron importantes lesiones causadas por enfermedades foliares (más del 10% de severidad en las hojas más afectadas)

Luego de cosechar, sobre 10 espigas de cada genotipo, se determinó el peso seco de las mismas. Luego se contaron y pesaron los granos totales de cada espiga para determinar el CFE (número de granos cosecha/ peso seco de espiga en antesis) y la relación entre el peso del grano y el CFE.

Las diferencias en las variables entre los genotipos, en los tratamientos con y sin fungicida se analizaron mediante análisis de varianza y las medias se compararon mediante LSD ($P=0,05$) para determinar la variabilidad en el CFE e índice de fertilidad de la espiga.

Para analizar la relación entre el Peso de mil granos (PMG) y CFE se realizó un análisis de regresión entre ambas variables, para poder concluir si frente a aumentos del CFE, la reducción del PMG está o no correlacionada.

5. RESULTADOS

Durante el ciclo del cultivo se realizaron mediciones de severidad de las enfermedades desarrolladas en el mismo. Estas fueron realizadas en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80).

Tabla 1. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) de la severidad en EC31, EC60, EC80 y del Área Bajo la Curva de Progreso de Enfermedad (ABCPE) en un ensayo con dos tratamientos con y sin aplicación de fungicida en una colección internacional de 110 genotipos de trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Severidad EC31	Severidad EC60	Severidad EC80	ABCPE
Tratamiento de fungicida	1	1542,22 (p=0,093)	102561,89 (p <0,011)	605,68 (p=0,013)	232697327 (p=0,016)
Error A	1	33,5	32,5	0,256	138441
Genotipo	109	551,28 (p<0,001)	354,40 (p<0,001)	25,38 (p<0,001)	1091190 (p=<0,001)
Tratamiento de fungicida× Genotipo	109	17,07 (p<0,995)	262,65 (p<0,001)	14,47 (p=0,004)	541553 (p=<0,001)
Error B	218	26,46	91,4	9,45	274002

Como se puede observar en la Tabla 1, hubo diferencias significativas entre los tratamientos de fungicidas para la severidad en floración y grano pastoso, no así en encañazón, además hubo diferencias significativas entre los genotipos para la severidad en todos los estadios y en la interacción genotipo × tratamiento en floración y grano pastoso.

Respecto al ABCPE, el análisis de la varianza arrojó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos de fungicidas, entre los distintos genotipos y en la interacción genotipo × tratamiento de fungicida.

En EC 31, el rango de severidad osciló desde genotipos con 0% de severidad a un máximo de 45,09%. En la Tabla 2 se consigna aquellos genotipos cuya severidad fue menor y por otro lado en los que fue mayor según la comparación por LSD. Con estos valores y el análisis de comparación múltiple se puede inferir además, que aquellos genotipos con 0% de severidad estadísticamente similares (color verde) pueden ser considerados como totalmente resistentes y aquellos con mayor severidad y estadísticamente similares (color amarillo) entre si se los puede considerar susceptibles.

Cabe aclarar que durante esta etapa predominó la enfermedad producida *Puccinia triticina* (Roya de la hoja) y luego la producida por *Pyrenophora tritici-repentis* (Mancha amarilla) y que los genotipos difirieron en su comportamiento a ambas.

Tabla 2. Comparación de medias de severidad en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida en EC31.

Genotipo	Severidad	Grado	Genotipo	Severidad	Grado
65	45,09	a	10	0	a
30	44,65	ab	13	0	a
25	43,94	ab	20	0	a
79	40,51	abc	31	0	a
37	40,03	abcd	35	0	a
56	37,28	abcde	42	0	a
72	36,66	abcdef	44	0	a
40	36,34	bcdefg	48	0	a
84	34,96	cdefg	75	0	a
59	34,09	cdefg	11	0,17	a
32	33,2	cdefg	34	0,62	ab
100	32,7	cdefg	113	1,31	bc
62	32,49	cdefg	23	1,35	bc
97	32,49	cdefg	104	1,5	
49	31,87		28	1,61	
64	31,74		68	1,92	
5	31,48		39	2,03	
82	31,24		24	6,12	
41	31,13		21	9,13	
88	30,97		90	9,87	
26	30,69		60	10,61	
81	30,61		33	10,65	
12	30,58		89	10,8	
114	30,44		8	11,03	
85	30,39		116	11,36	
15	30,2		110	11,55	
87	29,65		107	12,64	
17	29,47		117	15,28	
61	29,41		14	16,21	
94	29,36		77	17,07	
7	29,16		73	17,36	
19	29,09		36	17,93	
22	29,03		50	18,51	

4	28,77		92	18,92
99	28,64		53	18,95
74	28,63		103	19,06
95	28,63		69	19,57
109	28,35		9	19,89
16	28,32		93	20,51
58	28,3		18	20,7
67	27,85		27	20,82
115	27,7		47	21,13
96	27,49		6	21,14
57	27,26		1	21,45
38	26,97		52	22,28
55	26,86		43	23,09
71	26,86		3	23,74
76	26,86		54	24,05
70	26,38		102	24,58
29	26,24		111	24,6
66	26,18		63	24,61
112	26,17		51	24,65
98	26,03		86	24,86
108	26,02		2	25,02
105	25,83			
106	25,5			

Aquellos genotipos cuyas medias sean seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. Valor LSD= 0,0886

En la siguiente evaluación para el estadio EC60, como ya fue mencionado, se observaron diferencias significativas para la interacción tratamientos de fungicidas × genotipos por lo que se presenta dicha interacción. Seguido de lo anterior en la Tabla 3 se observan severidades que van desde un 51,67% al 100% para las parcelas sin fungicida, con una severidad promedio de 79,33% y de un 19,01% a un 80,91% para los tratamientos con fungicida, con una severidad promedio de 48,79%.

Los genotipos resaltados en color amarillo fueron los que mayor porcentaje de reducción presentaron, esto indica una mayor respuesta de dichos genotipos a las aplicaciones realizadas. En color verde se destacan aquellos genotipos que menos respuesta

presentaron a la aplicación. Para el caso de las parcelas sin fungicida el genotipo menos afectado es el 57 (51,97%) que no mostró diferencias significativas con otros (comparaciones no mostradas). El genotipo 85 presento la mayor severidad (100%). Para el caso de las parcelas tratadas con fungicida el genotipo 75 (19,01%) fue el que estadísticamente menor severidad presentó. La severidad más alta es la del genotipo 82 (80,01%) (Tabla 3)

Tabla 3. Severidad en floración (EC60) y porcentaje de disminución en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Sin fungicida		Con fungicida		Dism.	Sin fungicida		Con fungicida		Dism.
Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%	Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%
31	85,30	31	20,58	75,87	58	62,53	58	70,30	-12,44
97	97,63	97	25,54	73,84	73	76,69	73	74,47	2,90
113	96,79	113	25,82	73,32	88	81,84	88	78,78	3,73
75	65,03	75	19,01	70,78	82	88,51	82	80,31	9,26
4	97,77	4	29,57	69,75	54	85,17	54	75,59	11,25
99	91,85	99	31,10	66,14	10	85,58	10	75,44	11,85
29	82,63	29	28,74	65,22	35	68,23	35	60,03	12,01
104	89,57	104	31,65	64,66	21	68,78	21	60,44	12,12
84	91,69	84	32,80	64,23	26	64,05	26	55,85	12,79
22	67,66	22	24,88	63,22	13	75,17	13	65,17	13,30
100	97,21	100	36,24	62,72	44	84,20	44	70,87	15,84
87	90,58	87	34,91	61,46	79	87,67	79	73,78	15,84
50	78,88	50	30,68	61,10	11	67,39	11	56,28	16,49
102	94,43	102	36,93	60,89	81	93,78	81	76,98	17,92
67	83,18	67	32,63	60,78	41	76,28	41	61,70	19,12
103	87,90	103	37,63	57,20	27	68,92	27	55,31	19,75
115	87,67	115	38,51	56,08	64	64,75	64	51,83	19,95
25	85,72	25	37,80	55,90	55	80,03	55	64,06	19,96
69	79,20	69	35,06	55,73	94	82,53	94	64,76	21,54
1	83,23	1	36,98	55,57	86	98,77	86	77,38	21,66
28	86,52	28	39,02	54,90	37	78,09	37	60,87	22,05
33	87,80	33	39,88	54,58	95	81,56	95	63,51	22,14
72	66,70	72	30,31	54,56	111	66,66	111	51,85	22,21
18	92,01	18	42,01	54,34	60	65,69	60	50,50	23,13
53	69,06	53	32,39	53,09	63	82,67	63	63,23	23,52
105	89,15	105	42,07	52,81	47	69,89	47	52,95	24,24
39	80,40	39	38,46	52,17	112	64,33	112	48,58	24,48

15	80,68	15	42,63	47,17	56	78,64	56	58,92	25,08
96	79,76	96	42,81	46,32	110	66,61	110	49,72	25,36
116	91,22	116	49,00	46,29	71	70,59	71	52,67	25,38
68	75,13	68	40,40	46,22	106	61,61	106	45,91	25,47
92	78,22	92	42,24	45,99	24	64,76	24	48,23	25,52
66	85,17	66	46,01	45,99	38	90,03	38	66,01	26,69
32	96,04	32	52,01	45,84	74	88,23	74	64,48	26,92
49	69,57	49	37,77	45,72	114	69,50	114	50,66	27,10
12	93,02	12	50,82	45,36	19	84,89	19	60,73	28,47
57	51,97	57	28,50	45,16	89	70,41	89	50,36	28,48
51	85,58	51	47,25	44,79	40	68,64	40	49,06	28,53
30	86,69	30	48,35	44,22	59	73,51	59	52,26	28,91
85	100,00	85	56,32	43,68	42	74,76	42	51,76	30,77
48	81,98	48	46,70	43,03	76	84,89	76	58,23	31,41
8	79,39	8	45,50	42,69	6	98,32	6	66,79	32,07
90	75,82	90	43,46	42,68	117	81,42	117	54,75	32,75
108	67,01	108	38,96	41,87	23	52,97	23	35,58	32,83
5	91,92	5	53,58	41,71	107	69,66	107	46,61	33,10
17	61,65	17	36,10	41,45	34	86,56	34	57,53	33,53
61	64,71	61	38,30	40,81	52	70,87	52	46,84	33,91
14	60,16	14	35,72	40,63	20	85,31	20	56,03	34,32
77	88,51	77	52,81	40,33	109	78,04	109	50,38	35,45
9	80,27	9	48,18	39,97	16	62,95	16	40,45	35,74
3	89,71	3	54,57	39,17	36	67,95	36	43,64	35,77
2	70,87	2	43,64	38,41	98	93,78	98	60,03	35,99
7	76,42	7	47,39	37,98	62	88,09	62	56,28	36,11
43	87,95	43	54,62	37,90	65	63,92	65	40,59	36,50
93	73,23	93	45,87	37,36	70	81,28	70	51,28	36,91
70	81,28	70	51,28	36,91	93	73,23	93	45,87	37,36
	Enfermo		Fungicida	Dism. %					
Promedio	79,33		48,79	38,49					

Por último en la evaluación de severidad realizada durante el estadio de grano pastoso para las parcelas sin aplicación de fungicidas, los valores rondaron entre un 81,42% y un 100% con un promedio de 99,12% y en las parcelas con tratamiento de fungicidas la severidad se ubicó en valores de entre 78% y 98%, con un promedio de 96,94%, siendo de 2,2% en promedio la diferencia de severidad entre ambos tratamientos. Es de destacar que en estos valores se incluye la senescencia propia del cultivo (Tabla 4).

Habiendo diferencias significativas entre genotipos y tratamientos se analizó el porcentaje de disminución de severidad entre las parcelas con y sin fungicida y se observó que los genotipos resaltados en color verde en la Tabla 4 fueron los que menor porcentaje de disminución tuvieron, respecto de los resaltados en amarillo. En aquellas parcelas sin aplicación de fungicida el genotipo que menor severidad presentó fue el 108 (81,42%). Para el caso de los tratamientos con fungicida el que menor severidad presentó es el genotipo 110 (78,98%) (Tabla 4).

Tabla 4. Severidad en grano pastoso (EC80) y porcentaje de disminución en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Sin fungicida		Con fungicida		Dism.	Sin fungicida		Con fungicida		Dism.
Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%	Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%
110	97,14	110	78,89	18,79	117	81,42	117	95,88	-17,77
109	99,24	109	82,53	16,83	113	88,27	113	98,47	-11,56
18	99,74	18	83,14	16,64	20	92,31	20	98,22	-6,41
114	99,74	114	86,25	13,52	35	96,54	35	98,22	-1,74
47	99,74	47	88,78	10,99	16	96,96	16	98,22	-1,30
21	99,95	21	89,22	10,74	106	98,96	106	100,00	-1,05
108	100,00	108	91,12	8,88	6	99,18	6	100,00	-0,83
96	100,00	96	91,28	8,72	26	98,90	26	99,69	-0,79
116	99,69	116	91,81	7,91	41	97,79	41	98,22	-0,44
7	100,00	7	92,11	7,89	58	95,57	58	95,88	-0,33
42	99,74	42	92,67	7,09	90	99,68	90	100,00	-0,33
75	99,74	75	92,67	7,09	30	99,39	30	99,69	-0,30
48	100,00	48	93,50	6,50	15	99,74	15	100,00	-0,26
12	99,39	12	93,09	6,34	61	99,74	61	100,00	-0,26
92	99,74	92	93,58	6,18	97	99,74	97	100,00	-0,26
25	99,95	25	93,86	6,10	49	99,74	49	100,00	-0,26
105	100,00	105	94,03	5,97	107	84,17	107	84,31	-0,16
2	100,00	2	94,61	5,39	29	99,95	29	100,00	-0,05
22	99,95	22	94,69	5,27	32	99,95	32	100,00	-0,05
13	99,95	13	95,88	4,07	3	100,00	3	100,00	0,00
10	99,74	10	95,88	3,86	4	100,00	4	100,00	0,00
64	99,74	64	95,88	3,86	5	100,00	5	100,00	0,00
73	99,74	73	95,88	3,86	17	100,00	17	100,00	0,00
40	99,74	40	96,00	3,74	28	100,00	28	100,00	0,00
85	99,95	85	96,34	3,62	60	100,00	60	100,00	0,00

31	99,45	31	95,88	3,59	67	100,00	67	100,00	0,00
57	99,39	57	95,88	3,53	89	100,00	89	100,00	0,00
51	98,90	51	95,88	3,05	100	100,00	100	100,00	0,00
36	99,74	36	97,25	2,49	104	100,00	104	100,00	0,00
8	100,00	8	97,71	2,29	112	100,00	112	100,00	0,00
14	100,00	14	97,74	2,26	23	99,74	23	99,69	0,05
68	99,74	68	97,64	2,10	33	99,74	33	99,69	0,05
59	100,00	59	97,95	2,05	87	99,74	87	99,69	0,05
27	100,00	27	98,22	1,78	9	99,39	9	99,30	0,09
38	100,00	38	98,22	1,78	50	99,39	50	99,30	0,09
66	100,00	66	98,22	1,78	111	100,00	111	99,76	0,24
88	100,00	88	98,22	1,78	86	99,95	86	99,69	0,27
98	100,00	98	98,22	1,78	84	100,00	84	99,69	0,31
24	99,95	24	98,22	1,73	102	100,00	102	99,58	0,42
82	99,95	82	98,22	1,73	11	99,29	11	98,22	1,07
1	99,74	1	98,22	1,52	103	100,00	103	98,89	1,11
19	99,74	19	98,22	1,52	56	99,39	56	98,22	1,17
34	99,74	34	98,22	1,52	63	99,39	63	98,22	1,17
37	99,74	37	98,22	1,52	72	99,39	72	98,22	1,17
43	99,74	43	98,22	1,52	115	99,52	115	98,22	1,30
44	99,74	44	98,22	1,52	99	100,00	99	98,61	1,39
52	99,74	52	98,22	1,52	39	96,13	39	94,72	1,46
53	99,74	53	98,22	1,52	1	99,74	1	98,22	1,52
54	99,74	54	98,22	1,52	19	99,74	19	98,22	1,52
55	99,74	55	98,22	1,52	34	99,74	34	98,22	1,52
62	99,74	62	98,22	1,52	37	99,74	37	98,22	1,52
65	99,74	65	98,22	1,52	43	99,74	43	98,22	1,52
69	99,74	69	98,22	1,52	44	99,74	44	98,22	1,52
70	99,74	70	98,22	1,52	52	99,74	52	98,22	1,52
71	99,74	71	98,22	1,52	53	99,74	53	98,22	1,52
74	99,74	74	98,22	1,52	54	99,74	54	98,22	1,52
	Enfermo		Fungicida	Dism. %					
Promedio	99.12		96.94	2.2					

El ABCPE para cada genotipo tuvo un rango de variación de entre 3118 para el genotipo 108 y 5971 para el genotipo 10, siendo la media de un valor de 4767. En el caso de la interacción genotipo × tratamiento de fungicida, como se observa en la Tabla 5, para las parcelas sin fungicida los valores de ABCPE fluctuaron entre 6515 correspondiéndose este valor al genotipo 4 y 3534 para el genotipo 108, con una media de 5461. Para las

parcelas con aplicación de fungicidas, el genotipo 10 presento el valor más alto de ABCPE, siendo este de 5650. El genotipo 75 presento el valor más bajo, siendo este de 2278. Se señala para ambos tratamientos con color amarillo aquellos genotipos con mayor valor de ABCPE y con color verde aquellos genotipos que menor valor de ABCPE presentaron.

Tabla 5. Comparación de medias de Área Bajo la Curva de Progreso de Enfermedad (ABCPE) en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Tratamiento sin fungicida						Tratamiento con fungicida					
Genotipo	ABCPE	Grado	Genotipo	ABCPE	Grado	Genotipo	ABCPE	Grado	Genotipo	ABCPE	Grado
4	6515	a	108	3534	a	10	5650	a	75	2278	a
18	6434	ab	111	3874	ab	82	5597	ab	31	2412	ab
96	6383	ab	61	4037	ab	79	5364	ab	113	2681	ab
115	6362	ab	114	4121	ab	58	5339	ab	108	2701	ab
113	6348	ab	14	4420	ab	81	5324	ab	22	2885	ab
6	6331	ab	23	4470	ab	88	5293	ab	97	2903	ab
30	6329	ab	57	4628	b	86	5253	ab	104	3000	ab
99	6304	ab	24	4630		44	5204	ab	61	3101	ab
10	6292	ab	106	4663		13	5043	ab	57	3205	ab
85	6279	ab	16	4777		74	5040	ab	53	3274	ab
31	6275	ab	26	4783		54	5025	ab	39	3311	b
38	6264	ab	112	4815		38	5023	ab	29	3314	
82	6249	ab	22	4870		73	4999	ab	102	3331	
62	6204	ab	75	4913		56	4954	ab	33	3336	
15	6199	ab	53	4932		6	4946	ab	50	3342	
86	6169	ab	21	4942		41	4829	ab	69	3353	
81	6151	ab	5	4981		37	4748	ab	28	3388	
116	6101	ab	2	4983		62	4744	ab	87	3395	
79	6097	ab	90	5028		94	4688	ab	84	3398	
9	6064	ab	11	5037		95	4636	ab	14	3402	
20	6019	ab	109	5050		35	4615	b	100	3405	
104	5995	ab	92	5061		63	4574		111	3405	
34	5974	ab	17	5063		27	4562		68	3440	
44	5959	ab	72	5081		64	4560		1	3447	
74	5940	ab	35	5087		65	4560		105	3458	
84	5935	ab	47	5087		55	4556		92	3481	
25	5903	ab	32	5104		19	4467		114	3485	
56	5893	ab	36	5110		96	4456		99	3495	
97	5881	ab	93	5123		60	4424		103	3510	
51	5873	ab	60	5140		11	4417		23	3518	

3	5853	ab	59	5176		89	4414		4	3525	
50	5838	ab	58	5180		20	4403		72	3535	
48	5837	ab	110	5192		9	4390		67	3545	
28	5836	ab	52	5207		85	4387		32	3580	
103	5831	ab	40	5217		34	4382		90	3598	
100	5822	ab	98	5251		15	4377		16	3650	
88	5769	ab	68	5265		21	4356		109	3717	
76	5759	ab	42	5282		76	4356		25	3788	
37	5756	ab	69	5282		26	4346		5	3790	
33	5740	ab	27	5288		71	4286		2	3801	
8	5734	ab	64	5295		59	4263		18	3802	
19	5713	ab	71	5300		70	4247		24	3814	
12	5712	ab	1	5336		8	4177		48	3819	
87	5699	ab	107	5351		117	4166		66	3844	
77	5683	ab	89	5358		3	4164		7	3861	
13	5677	ab	105	5372		30	4164		51	3866	
95	5654	ab	63	5383		40	4141		93	3879	
43	5613	ab	65	5420		112	4132		36	3885	
67	5606	ab	7	5428		43	4121		98	3945	
66	5602	ab				77	4083		115	3951	
41	5597	ab				52	4080		17	3957	
55	5597	ab				47	4077		42	3976	
29	5587	ab				49	4075		107	3982	
94	5566	ab				116	4067		110	3992	
54	5561	ab							12	4011	
70	5545	ab							106	4058	
39	5532	ab									
117	5520	ab									
102	5516	ab									
73	5506	ab									
49	5446	b									

Aquellos genotipos cuyas medias sean seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. Valor LSD= 1029

En cuanto al peso de mil granos (PMG) el análisis de la varianza, observado en la Tabla 6, muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos con y sin fungicida, aunque si entre genotipos y en la interacción de éstos con los tratamientos de fungicidas.

Para el coeficiente de fertilidad de espiga (CFE), como se puede observar en la Tabla 6, no hubo diferencias estadísticamente significativa entre tratamientos de fungicidas (Probabilidad de $P=0,393$), la media del CFE para los genotipos sin tratamiento de fungicida fue de 62,27 y para los tratados con fungicida de 65,95 y tampoco hubo diferencias en la interacción tratamiento \times genotipo (Probabilidad de $F=0,439$). Si hubo diferencias significativas para genotipos ($p<0,001$).

Tabla 6. Grados de libertad, cuadrados medios y Valor p (Anova) para Peso de Mil Granos (PMG) y Coeficiente de Fertilidad de la Espiga (CFE) de una colección internacional de 110 genotipos de trigo y su interacción con los tratamientos (con y sin fungicida).

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso de mil granos	Coeficiente de Fertilidad de Espiga
Tratamiento de fungicida	1	6702,3 ($p=0,057$)	1489,4 ($p=0,393$)
Error A	1	54,65	748,9
Genotipo	109	241,38 ($p<0,001$)	1151439 ($p<0,001$)
Tratamiento de fungicida \times Genotipo	109	27,33 ($p=0,027$)	509964 ($p=0,439$)
Error B	218	20,02	38301

En cuanto al peso de mil granos (PMG) este tuvo una media de 31,40 g, siendo el genotipo 90 el que mayor peso registra (45,68 g) y el genotipo 57 el que menor PMG registra (14,57 g). En los tratamientos, como se indica en la Tabla 7 aquellas parcelas que no fueron tratadas con fungicidas registraron una media de 27,50 siendo el genotipo 68 el que registro el valor más alto de 43,68 g y el más bajo para el genotipo 31 que fue de 10,71 g. En cuanto a las parcelas que fueron tratadas con fungicida, registraron una media de 35,3 g, el genotipo 105 registro el valor más alto de 50,2 g y el genotipo 57 fue de 16,05 g siendo este el valor más bajo para dicho tratamiento. Se indica con color amarillo aquellos genotipos que menor PMG registraron y con color verde aquellos con un mayor PMG.

Tabla 7. Comparación de medias de Peso de Mil Granos (PMG) en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Genotipo	PMG	Grado	Genotipo	PMG	Grado
90	45,68	a	57	14,57	a
105	44,22	ab	31	14,86	ab
27	43,99	ab	117	16,08	ab
68	43,57	ab	72	16,12	ab
108	43,4	ab	10	18,27	ab
89	42,18	ab	66	18,9	ab
104	42,08	ab	81	19,23	ab
115	41,77	ab	21	19,34	ab
112	41,33	ab	40	19,45	ab
29	40,92	ab	69	19,78	ab
60	40,91	ab	63	19,8	ab
49	40,81	ab	37	20,39	ab
103	40,61	ab	41	20,54	ab
74	40,59	ab	58	20,86	b
50	40,56	ab	5	21,9	
111	39,94	ab	76	21,93	
53	39,83	ab	7	22,01	
26	39,73	ab	86	23,02	
96	39,54	ab	30	23,27	
71	39,41	b	70	23,56	
102	39,16		34	23,67	
110	38,95		33	24,26	
114	38,94		13	24,57	
47	38,87		75	24,63	
107	38,82		16	24,78	
25	38,56		55	24,79	
52	38,46		79	24,91	
11	38,43		59	25,04	
99	38,37		36	25,33	
93	38,34		56	25,57	
109	38		19	25,67	
85	37,71		64	26,3	
14	36,96		12	26,63	
22	36,88		82	26,85	
23	36,31		92	26,95	
94	36,05		20	27	
28	35,86		73	27,1	
17	35,76		65	27,45	

116	35,53		4	27,63	
113	35,3		32	27,69	
42	34,92		88	28,11	
67	34,87		100	28,43	
8	34,55		3	28,89	
106	34,52		6	29,21	
62	34,5		98	29,33	
2	34,11		54	29,46	
15	34,02		48	30,08	
43	33,89		83	30,26	
44	33,71		51	30,59	
77	33,43		24	31,32	
61	33,3		95	31,55	
39	33,07		18	31,6	
38	33,05				
1	32,94				
87	31,97				
35	31,94				
9	31,68				
97	31,65				

Aquellos genotipos cuyas medias sean seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. Valor LSD= 6,236

Como ya se mencionó, el ANOVA para CFE, muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos con y sin fungicida y en la interacción de éstos con los tratamientos de fungicidas, aunque si entre genotipos. Cuando se observan los resultados de las medias de CFE obtenidas para cada genotipo se observan diferencias ($P<0,001$). En un plan de mejoramiento se podría elegir el genotipo 73 y el 3, dado que son los que mayor CFE presentan (indicados en color verde en Tabla 8). Se adjunta como anexo 1 la tabla completa con el valor de las medias obtenidas para cada genotipo en caso de ser necesario comparar con el resto de los genotipos, ya que a los fines prácticos solo se evaluó hasta la letra d.

Tabla 8. Comparación de medias de Coeficiente de Fertilidad de Espiga (CFE) en una colección internacional de 110 genotipos de trigo con y sin tratamiento de fungicida.

Genotipo	Media	Diferencias
73	114,43	a
3	102,61	ab
68	88,05	bcd
14	84,96	bcd
116	84,54	bcd
108	83,68	bcd
96	83,33	bcd
15	82,26	bcd
40	82,14	bcd
92	82,07	bcd
33	82,04	bcd
63	81,8	bcd
82	80,39	bcd
47	79,86	bcd
19	78,99	bcd
70	78,68	bcd
20	78,35	bcd
8	77,63	bcd
5	77,26	bcd
56	76,85	bcd
LSD: 26,319		

Aquellos genotipos cuyas medias sean seguidas de la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas.

Si bien la interacción genotipo \times fungicida no fue significativa, se observa que algunos genotipos no disminuyeron el CFE en los tratamientos enfermos. Así se identificaron algunos genotipos (color rojo de Tabla 9) que no disminuyeron el CFE en los tratamientos enfermos y con color verde aquellos genotipos en los que el CFE aumenta en el tratamiento sin fungicida respecto del tratado con fungicida.

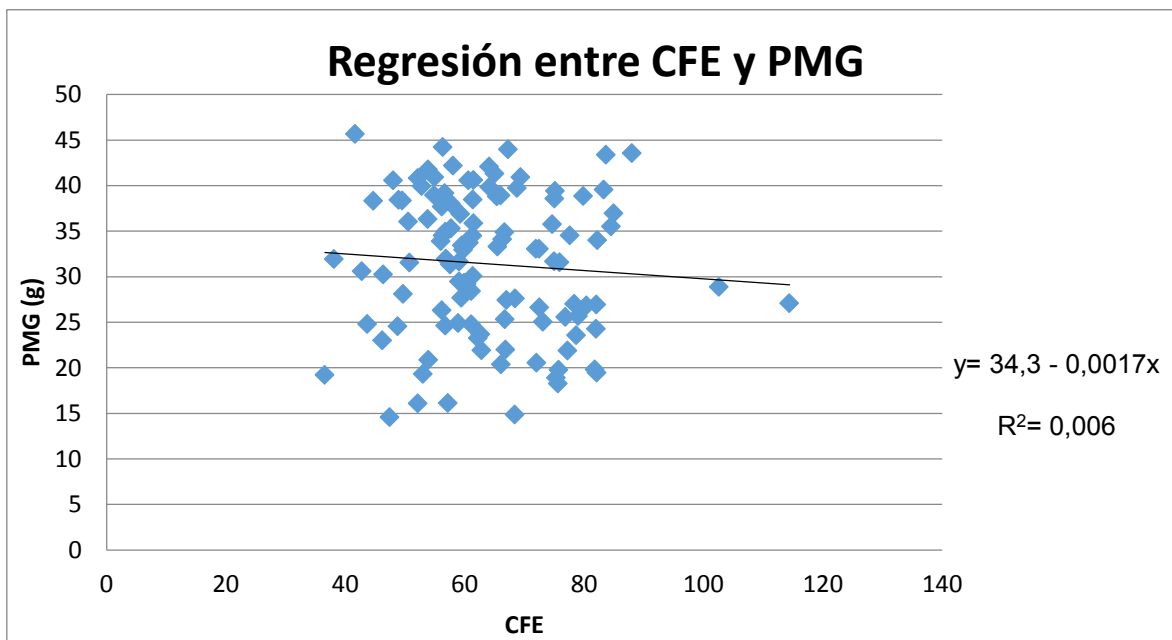
Tabla 9. Medias de CFE para tratamientos con y sin fungicida en una colección internacional de 110 genotipos de trigo.

Tratamiento	Genotipo	1	2	3	4	5	6
Sin fungicida		57,44	62,97	111,82	34,04	75,86	62,05
Con fungicida		62,07	69,69	93,39	82,87	78,66	58,68
	Genotipo	7	8	9	10	11	12
Sin fungicida		58,54	74,36	72,45	71,52	48,09	76,29
Con fungicida		75,14	80,9	77,53	79,73	49,8	68,8
	Genotipo	13	14	15	16	17	18
Sin fungicida		45,66	91,12	77,12	68,46	73,4	88,11
Con fungicida		51,9	78,79	87,4	53,72	76,01	63,72
	Genotipo	19	20	21	22	23	24
Sin fungicida		74,67	87,69	45,73	62,48	20,48	48,38
Con fungicida		83,31	69,01	60,33	56,13	87,19	66,77
	Genotipo	25	26	27	28	29	30
Sin fungicida		76,07	72,52	69,45	64,58	75,99	45,33
Con fungicida		74,06	65,03	65,11	58,34	62,8	79,13
	Genotipo	31	32	33	34	35	36
Sin fungicida		54,66	46,35	81,5	60,42	36,78	68,38
Con fungicida		82,16	72,52	82,59	64,86	39,47	65,1
	Genotipo	37	38	39	40	41	42
Sin fungicida		54,82	67,36	81,05	73,15	70,17	47,4
Con fungicida		77,34	76,52	63,87	91,13	73,9	66,18
	Genotipo	43	44	47	48	49	50
Sin fungicida		37,22	62,76	86,96	60,44	48,3	51,79
Con fungicida		74,76	58,66	72,76	62,32	56,04	44,24
	Genotipo	51	52	53	54	55	56
Sin fungicida		40,34	62,07	63,12	66,16	30,28	79,24
Con fungicida		45,16	60,68	65,17	51,96	57,07	74,47
	Genotipo	57	58	59	60	61	62
Sin fungicida		46,68	56,1	65,38	58,88	71,33	56,97
Con fungicida		48,22	51,7	80,9	51	59,71	65,65
	Genotipo	63	64	65	66	67	68

Sin fungicida		82,97	39,47	57,41	84,61	69,26	60,7
Con fungicida		80,62	72,91	76,62	65,98	64,16	115,39
	Genotipo	69	70	71	72	73	74
Sin fungicida		97,97	74,35	66,74	53,27	96,78	70,55
Con fungicida		53,55	83,01	83,56	61,07	132,07	50,68
	Genotipo	75	76	77	79	81	82
Sin fungicida		45,45	55,97	55,37	44,28	31,57	94,29
Con fungicida		68,11	69,63	63,69	73,54	41,57	66,5
	Genotipo	84	85	86	87	88	89
Sin fungicida		32,28	60,59	58,63	63,34	57,38	62,57
Con fungicida		60,4	51,78	33,8	50,37	41,97	53,54
	Genotipo	90	92	93	94	95	96
Sin fungicida		39,71	88,24	42,08	45,99	35,75	71,32
Con fungicida		43,61	75,9	47,34	55,05	65,82	95,34
	Genotipo	97	98	99	100	102	103
Sin fungicida		69,05	59,11	59,47	65,21	58,09	59,76
Con fungicida		49,13	60,7	39,55	56,99	55,2	63,15
	Genotipo	104	105	106	107	108	109
Sin fungicida		76,25	56,97	70,53	64,2	66,47	65,88
Con fungicida		51,97	55,69	42,11	66,56	100,89	49,57
	Genotipo	110	111	112	113	114	115
Sin fungicida		66,4	56,23	64,76	58,19	66,67	56,04
Con fungicida		43,4	49,36	65,25	56,82	65,37	51,65
	Genotipo	116	117				
Sin fungicida		56,68	35,74				
Con fungicida		112,41	68,6				

Como se mencionó pueden existir relaciones negativas entre el CFE y el peso de mil granos (PMG). Según los resultados obtenidos, la regresión entre el CFE y el PMG observada en la figura 1, fue ligeramente negativa y no significativa $b=-0,0177$ de manera que en estos genotipos el aumento en el CFE no está relacionado con una disminución en el PMG.

Fig.1. Regresión entre el CFE (coeficiente de fertilidad de la espiga) como variable independiente y el PMG (peso de mil granos) como variable dependiente en un set de 110 genotipos de trigo con y sin tratamientos de fungicida.



En la figura 1 se observa el análisis de regresión entre el CFE y el PMG siendo este ligeramente negativo y no significativo.

6. DISCUSIÓN

El CFE ha sido propuesto como atributo para mejorar el número de granos y así el rendimiento potencial (Petrini *et al.*, 2016), pero aún no se tienen evidencias reales de su aplicación en forma exitosa (Alonso *et al.*, 2018). Como bien es sabido, poder identificar aquellos genotipos que pudieran tener un CFE alto como atributo, sería una cualidad que permitiría una selección de caracteres alternativos que determinen número de granos y rendimiento, según lo expresado por Slafer *et al.* (2014).

A partir de los resultados obtenidos en este ensayo para CFE, como se expresó en la Tabla 9, algunos genotipos no disminuyen su CFE en los tratamientos sin fungicida. Según Newton (2016), las enfermedades que se desarrollan previamente a la floración pueden restringir simultáneamente la fuente (área foliar sana y acumulación de hidratos de carbono solubles en el tallo) y la capacidad de generación de granos (número de granos y capacidad de almacenamiento de éstos). En caso de que el CFE no disminuya en el tratamiento sin fungicida o incluso tenga un incremento respecto del tratado con fungicida, indica que posiblemente la planta enferma asigne en dichos genotipos mayores recursos al número de granos, que a las restantes estructuras de la espiga. Esta característica puede constituirse en un carácter que condicione la tolerancia de dicho genotipo a las enfermedades registradas en el ciclo y por lo tanto de utilidad en planes de mejoramiento.

En este ensayo, en EC 31 los niveles de severidad fueron reducidos, y no hubo interacción genotipo \times tratamiento de fungicida y a partir de EC 60 se evidenciaron genotipos que disminuyeron más su severidad con la aplicación de fungicidas. Se podría inferir que los efectos negativos de las enfermedades tardías en el llenado de los granos pueden ser amortiguados por la removilización de reservas almacenadas temporariamente, en concordancia con lo dicho por Newton (2016) y que en algunos genotipos podría haber una asignación diferencial de esas reservas a diferentes partes de la espiga. Esta capacidad de minimizar la pérdida de rendimiento en presencia de enfermedades puede constituirse en un potencial atributo de tolerancia a ellas, que significa menores pérdidas de rendimiento frente a similares niveles de enfermedad.

Al considerar la utilidad del CFE como estrategia en programas de mejoramiento, hay que tener en cuenta posibles relaciones negativas con otros componentes del rendimiento, incluyendo el peso seco de las espigas en antesis y el peso de los granos. Según Petrini *et al* (2018) para que la selección por CFE resulte no sólo en mayor número de granos sino también en mayor rendimiento potencial, el peso de los granos no debería presentar una relación negativa funcional con el CFE (competitiva). En dicho caso, un mayor CFE resultaría en granos más pequeños en todas las posiciones de la espiguilla debido a un menor peso potencial de los mismos. Contrariamente, si la relación negativa fuera aparente (no competitiva), un mayor CFE sería consecuencia de una mayor cantidad de granos en las posiciones distales dentro de la espiguilla, los cuales tienen naturalmente menor peso. En dicho caso, la selección por alto CFE podría resultar en ganancias de rendimiento potencial.

Numerosas evidencias en la literatura han demostrado que las variaciones registradas en el rendimiento son mejor explicadas por cambios en el número de granos por unidad de superficie (NG), más que por cambios en el peso medio de granos (PG), debido no solo a efectos ambientales (Fischer, 1993; Magrin *et al.*, 1993; Frederick y Bauer, 1999) sino también a ganancias genéticas (Calderini *et al.*, 1999b y trabajos allí citados). Si bien existe variación genética en PG, este componente no ha contribuido notoriamente a incrementar el rendimiento potencial en trigo (Fischer, 2011). Igualmente, a pesar de que algunos trabajos hayan planteado que un aumento del NG es simplemente una consecuencia de un mayor rendimiento (Sinclair y Jamieson, 2006; 2008), numerosas evidencias sostienen que el NG es el atributo causal de los cambios en el rendimiento (Fischer, 2008), siendo por lo tanto un rasgo crítico a considerar para lograr incrementos del rendimiento potencial en trigo (Miralles y Slafer, 2007).

En los ensayos realizados por Petrini *et al* (2018) todos los casos las regresiones dieron una relación levemente negativa entre el PMG y el CFE, en coincidencia con los datos obtenidos en el presente trabajo, en el que el análisis de correlación entre el CFE y PMG de los genotipos analizados es ligeramente negativo y no significativo, por lo que podría considerarse que al seleccionar por CFE para una mejora en el rendimiento no se estaría afectando el PMG.

7. CONCLUSIONES

La contrastación de hipótesis permite determinar que:

- Hipótesis 1: Las enfermedades foliares afectan el Coeficiente de Fertilidad de Espiga (CFE).

La hipótesis se rechaza parcialmente. Si bien estadísticamente los valores medios indicaron que no hay incidencia de las enfermedades en esta variable, algunos genotipos presentaron menores reducciones notorias cuando fueron afectados por enfermedades. La aplicación per se de fungicida no disminuye el CFE, sino que la presencia de enfermedad se puede atribuir como causa de aumento del mismo.

- Hipótesis 2: Existe variabilidad para CFE en dicha colección bajo ambos tratamientos de enfermedades foliares (con y sin fungicidas).

La hipótesis no se rechaza, ya que existió variabilidad entre genotipos, que resulta de utilidad en programas de selección.

- Hipótesis 3: El peso de granos tiende a disminuir en aquellos genotipos con mayor CFE.

La hipótesis se rechaza, ya que la regresión entre ambas variables fue ligeramente negativa y no significativa, lo que significa que hay genotipos que pueden ser utilizados por su alto CFE y que no disminuye en presencia de enfermedades sin alterar el PMG.

8. ANEXO

Anexo 1. Tabla de medias de CFE para 110 genotipos de trigo de una colección internacional ordenadas en orden decreciente.

Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media	Genotipo	Media
73	114,43	12	72,54	100	61,1	58	53,9
3	102,61	39	72,46	16	61,09	115	53,85
68	88,05	41	72,04	44	60,71	23	53,84
14	84,96	38	71,94	74	60,62	21	53,03
116	84,54	29	69,39	6	60,37	111	52,79
108	83,68	26	68,78	98	59,91	49	52,17
96	83,33	4	68,45	1	59,76	117	52,17
15	82,26	31	68,41	77	59,53	95	50,78
40	82,14	27	67,28	32	59,44	94	50,52
92	82,07	65	67,02	22	59,3	88	49,68
33	82,04	7	66,84	97	59,09	99	49,51
63	81,8	36	66,74	54	59,06	11	48,95
82	80,39	67	66,71	79	58,91	13	48,78
47	79,86	2	66,33	89	58,06	50	48,02
19	78,99	37	66,08	109	57,72	57	47,45
70	78,68	114	66,02	113	57,71	83	46,34
20	78,35	61	65,52	24	57,57	86	46,21
8	77,63	107	65,38	72	57,17	93	44,71
5	77,26	112	65,01	87	56,85	55	43,68
56	76,85	53	64,15	42	56,79	51	42,75
18	75,91	104	64,11	75	56,78	90	41,66
69	75,76	76	62,8	102	56,65	35	38,12
10	75,63	34	62,64	105	56,33	81	36,57
66	75,3	30	62,23	106	56,32	45	
71	75,15	28	61,46	64	56,19	46	
25	75,07	103	61,46	85	56,18	78	
9	74,99	48	61,38	43	55,99	80	
17	74,7	52	61,38	60	54,94	84	
59	73,14	62	61,31	110	54,9	91	
						101	

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P.E., Andrade, F.H., Lázaro, L., Bariffi, J.H., Berardocco, H.G., Inza, V.H. & Marturano, F. 1998. Grain yield increase in recent argentine wheat cultivars. *Crop Sci.* 38, 1203–1209.
- Abbate, P., Pontaroli, A., Lázaro, L. & Gutheim, F. 2013. A method of screening for spike fertility in wheat. *J. Agric. Sci.* 151, 322— 330.
- Acreche, M. M., Briceño-Félix, G., Sánchez, J. A. M. & Slafer, G. A. 2008. Physiological bases of genetic gains in Mediterranean bread wheat yield in Spain. *Eur. J. Agron.* 28, 162–170.
- Albajes, R., Cantero-Martínez, C., Capell, T., Christou, P., Farre, A., Galceran, J., Lopez-Gatius, F., Marín, S., Martín-Belloso, O., Motilva, M. J., Nogareda, C., Peman, J., Puy, J., Recasens, J., Romagosa, I., Romero, M. P., Sanchis, V., Savin, R., Slafer, G. A., Soliva-Fortuny, R., Vinas, I. & Voltas, J. 2013. Building bridges: an integrated strategy for sustainable food production throughout the value chain. *Mol. Breed.* 32, 743-770.
- Alonso, M. P., Mirabella, N. E., Panelo, J. S., Cendoya, M. G. & Pontaroli, A. C. 2018. Selection for high spike fertility index increases genetic progress in grain yield and stability in bread wheat. *Euphytica*, 214, 112.
- Bustos, D. V., Hasan, A., Reynolds, M. P. & Calderini DF. 2013. Combining high grain number and weight through a DH population to improve grain yield potential of wheat in high-yielding environments. *Field Crop Res* 145, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.01.015>
- Calderini, D.F., Reynolds, M.P. & Slafer, G.A. 1999. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre, E.H. & Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press, New York, USA, pp. 351–377
- Calderini, D.F., Reynolds, M.P., Slafer, G.A., 1999b. Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. En: Satorre, E.H.,

- Slafer, G.A. (Eds.), Wheat: ecology and physiology of yield determination. Food Products Press, New York, USA, pp. 351-377.
- Calderini, D.F. & Reynolds, M.P. 2000. Changes in grain weight as a consequence of de-graining treatments at pre- and post-anthesis in synthetic hexaploid lines of wheat (*Triticum durum* × *T-tauschii*). Aust. J. Plant Physiol. 27, 183–191.
- Calderini, D.F., Savin, R., Abeledo, L.G., Reynolds, M.P. & Slafer, G.A. 2001. The importance of the period immediately preceding anthesis for grain weight determination in wheat. Euphytica 119, 199–204.
- Connor, D.J. & Minguez, M.I. 2012. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. Global Food Secur. 1, 106–113.
- Dreccer, M.F., van Herwaarden, A.F. & Chapman, S.C. 2009. Grain number and grain weight in wheat lines contrasting for stem water soluble carbohydrate concentration. Field Crops Res. 112, 43–54.
- Ferrante, A., Savin, R. & Slafer, G.A. 2012. Differences in yield physiology between modern well adapted durum wheat cultivars grown under contrasting conditions. Field Crops Res. 136, 52–64.
- Ferrante, A., Savin, R. & Slafer, G. A. 2015. Relationship between fruiting efficiency and grain weight in durum wheat. Field Crops Research 177, 109-116.
- Fischer, R.A., 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. Field Crops Res. 33, 57-80.
- Fischer, R.A., Byerlee, D. & Edmeades, G.O. 2009. Can technology deliver on the yield challenge to 2050? Proceedings of the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, FAO, Rome, June 24-26, 2009.
- Fischer, R.A., 2011. Wheat physiology: a review of recent developments. Crop and Pasture Science 62, 95-114.
- Fischer, T., Byerlee D. & Edmeades, G. 2014. Crop yields and global food security: will yield increase continue to feed the world? Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 634.
- Foulkes, M.J., Slafer, G.A., Davies, W.J., Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Calderini, D.F., Griffiths, S. & Reynolds, M.P. 2011. Raising yield potential of wheat: III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. J. Exp. Bot. 62, 469–486.

- Frederick, J.R., Bauer, P.J., 1999. Physiological and numerical components of wheat yield. En: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and physiology of yield determination*. Food Products Press, New York, USA, pp. 45-65.
- García, G. A., Serrago, R. A., González, F. G., Slafer, G. A., Reynolds, M. P. & Miralles, D. J. 2014. Wheat grain number: Identification of favourable physiological traits in an elite doubled haploid population. *Field Crops Research*, 168.
- González, F. G., Terrile, I & Falcón, M. O. 2011. Spike fertility and duration of stem elongation as promising traits to improve potential grain number (and yield): Variation in modern Argentinean wheats. *Crop Science* vol. 51.
- Hasan, A.K., Herrera, J., Lizana, C. & Calderini, D.F. 2011. Carpel weight: grain length and stabilized grain water content are physiological drivers of grain weight determination of wheat. *Field Crops Res.* 123, 241–247.
- Lázaro, L. & Abbate, P.E. 2012. Cultivar effects on relationship between grain number and photothermal quotient or spike dry weight in wheat. *J. Agric. Sci.* 150, 442–459.
- Magrin, G.O., Hall, A.J., Baldy, C., Grondona, M.O., 1993. Spatial and interannual variations in the photothermal quotient: implications for the potential kernel number of wheat crops in Argentina. *Agric. For. Meteorol.* 67, 29-41.
- Martino, D. L., Abbate, P. E., Cendoya, M. G., Gutheim, F., Mirabella, N. & Pontaroli, A. C. 2015. Wheat spike fertility: inheritance and relationship with spike yield components in early generations. *Plant Breeding* 134 (3).
- Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 1995b. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Res.* 43, 55–66.
- Miralles, D.J. & Slafer, G.A. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci.* 145, 139 – 149.
- Newton A. C. 2016. Exploitation of diversity within crops-the key to disease tolerance? *Front. Plant Sci.* 7, 665
- Petrini, N., Terrile, I., Donaire, G. & Gonzalez, F. 2016. Peso de grano por posición en espigas de trigo con diferente coeficiente de fertilidad. III Workshop de Ecofisiología Vegetal. P 57.
- Petrini, N., Terrile, I.I., Donaire, G., González, F., agosto 2018. Relación entre el Coeficiente de fertilidad de espiga de trigo y el peso de los granos. *RTA*. Vol. 10. N°37.

- Reynolds, M.P. & Borlaug, N.E. 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *J. Agric. Sci.* 144, 3–17.
- Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. & Slafer, G.A. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.* 35, 1799–1823.
- Richards, R. A. 1992. The effect of dwarfing genes in spring wheat in dry environments. I. Agronomic characteristics. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 517-527.
- Shanner, E. & Finney, R.E. 1977. The effect of N-fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathol.* 67, 1051-1056
- Shearman, V. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., & Foulkes, M. J. (2005). Crop physiology and metabolism. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*, 45, 175–185.
- Siddique, K.H.M., Kirby, E.J.M. & Perry, M.W. 1989. Ear to stem ratio in old and modern wheats: relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res.* 21, 59–78.
- Sinclair, T.R., Jamieson, P.D., 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: An analysis. *Field Crops Res.* 98, 60-67.
- Sinclair, T.R., Jamieson, P.D., 2008. Yield and grain number of wheat: A correlation or causal relationship?: Authors' response to "The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson" by R.A. Fischer. *Field Crops Res.* 105, 22-26.
- Slafer, G.A. & Andrade, F.H., 1993. Physiological attributes related to the generation of grain-yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Res.* 31, 351–367.
- Slafer, G.A., Savin, R. & Sadras, V.O. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. *Field Crops Res.* 157, 71–83.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415-421.